Avril 2015 Série technique

Simulations énergétiques de stratégies pour la conception d'immeubles collectifs à faible consommation d'énergie dans différentes régions du Canada

INTRODUCTION

Alors que l'efficacité énergétique et la performance environnementale des maisons individuelles se sont grandement améliorées au Canada au fil des ans, les progrès n'ont pas été aussi importants dans le segment des immeubles collectifs.

En revanche, les ensembles d'immeubles collectifs à faible consommation d'énergie deviennent de plus en plus courants en Europe, principalement en raison de la réglementation et des coûts énergétiques élevés. Certification volontaire sur l'efficacité énergétique et système de marquage, la maison passive est un programme qui aide les concepteurs, les promoteurs et les propriétaires à construire des bâtiments à très faible consommation d'énergie. Ses objectifs énergétiques stricts limitent la consommation globale d'énergie des bâtiments certifiés à 120 kWh/m^2 par année, y compris le chauffage des locaux, qui ne doit pas excéder 15 kWh/m^2.

Bien que les exemples d'habitations à faible consommation d'énergie ailleurs dans le monde puissent être utiles, la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) a entrepris une étude dans laquelle des simulations de consommation énergétique de bâtiments sont réalisées afin d'examiner comment des niveaux de rendement énergétique comparables peuvent être atteints au Canada compte tenu du climat beaucoup plus froid, des pratiques de conception existantes, des codes du bâtiment et des technologies disponibles au pays.

MÉTHODE

Pour la présente étude, un modèle énergétique conceptuel, ou archétypal, d'immeuble collectif a été élaboré pour six régions du Canada :

- la côte ouest de la Colombie-Britannique (Vancouver);
- l'intérieur de la Colombie-Britannique (Kelowna);
- l'Alberta (Edmonton);
- le sud de l'Ontario (Toronto);
- le sud du Québec (Montréal);
- la région de l'Atlantique (Halifax).

Le modèle « de référence » initial comprenait des caractéristiques relatives à l'enveloppe, à l'électricité et au chauffage, à la ventilation et à la climatisation (CVC) établies pour respecter ou dépasser les exigences du Code national de l'énergie pour les bâtiments de 2011 (CNÉB 2011) pour chaque région. Différentes technologies d'efficacité énergétique ont ensuite été appliquées afin de réduire la charge de chauffage annuelle des locaux pour atteindre les niveaux de conception de la maison passive (valeurs inférieures ou égales à 15 kWh/m^2 pour combler les besoins en chauffage). Cela a mené à l'élaboration de spécifications illustrant la mesure selon laquelle la conception des immeubles collectifs devrait évoluer afin d'atteindre des niveaux de consommation d'énergie très faibles. Les sections qui suivent décrivent ces étapes de façon plus détaillée.

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

Modèle de référence

Le modèle de référence comportait des caractéristiques qui respectaient ou dépassaient les exigences minimales du CNÉB 2011[1]. Le modèle comprenait les caractéristiques suivantes :

- une tour d'habitation de béton et d'acier de dix étages comprenant 4 000 m^2 de surface de plancher au total (excluant les étages de stationnement de 1 600 m^2 au-dessous du niveau du sol);
- les appartements représentaient 85 % de la surface de plancher conditionnée, soit 50 logements d'une superficie de 68 m^2 en moyenne chacun, tous munis d'un balcon;
- des niveaux d'isolation établis pour respecter le CNÉB 2011 au moyen de la méthode simple des solutions de remplacement, puisque la méthode prescriptive directe ne serait pas pratique de façon générale (pour les murs et les planchers en particulier) étant donné le rendement énergétique ciblé;
- des fenêtres sur 30 % à 35 % de la superficie brute des murs. Bien que les immeubles collectifs bâtis dans bien des régions dépassent habituellement ce niveau, des fenêtres plus petites et bien placées permettent amplement d'avoir des vues, de la lumière du jour et des gains solaires pour compenser les charges énergétiques utilisées pour le chauffage des locaux. De plus, ces proportions sont déjà acceptées par le marché des immeubles collectifs de faible hauteur;
- des fenêtres dotées d'un vitrage double à faible émissivité avec lame d'argon et intercalaires isolants dans les cadres en métal à rupture thermique (excepté pour Edmonton, où les cadres étaient en fibre de verre pour respecter le CNÉB 2011);
- une moyenne de 4 renouvellements d'air par heure (RA/h);
- l'air frais est acheminé aux appartements au moyen de ventilateurs récupérateurs de chaleur (VRC) installés dans les appartements, à un taux d'efficacité de 0,70, compte tenu de l'utilisation du cycle de dégivrage limitant la récupération de la chaleur pendant les périodes froides (il est à noter que l'installation de VRC dans les appartements n'est pas une pratique courante et dépasse les exigences du CNÉB pour les zones climatiques 4 à 6);
- dans les aires communes, la ventilation était assurée par un système entièrement extérieur d'alimentation en air des corridors, sans récupération de la chaleur;
- le chauffage des locaux était assuré par l'eau chaude produite par une chaudière au gaz.

Analyse des stratégies éconergétiques

Après l'établissement du modèle de référence (archétype) conforme au CNÉB, des stratégies visant à atteindre la cible de 15 kWh/m^2 pour le chauffage des locaux (conformément aux lignes directrices de la maison passive) pour chacun des archétypes d'immeubles collectifs dans chacune des régions ont été élaborées.

Étant donné que l'objectif de la présente étude était de déterminer des façons viables d'atteindre de faibles niveaux de consommation d'énergie dans les immeubles collectifs au Canada, des technologies et des pratiques facilement accessibles sur le marché ont été appliquées aux modèles de référence. L'exercice comprenait le calcul des coûts indicatifs et l'analyse économique du cycle de vie des mesures applicables. Les mesures d'efficacité énergétique (MEE) ont d'abord été modélisées individuellement, puis des ensembles de MEE ont été formés pour atteindre les cibles de rendement énergétique.

CONSTATATIONS

Stratégies relatives à l'enveloppe

Afin d'obtenir une faible charge de chauffage, les pertes de chaleur doivent être minimalisées par l'enveloppe du bâtiment. Pour ce faire, il faut des bâtiments très bien isolés. Des stratégies pour réduire les pertes de chaleur ont été élaborées en tenant compte de la disponibilité sur le marché, de l'aspect pratique et du rapport coût-efficacité.

Murs extérieurs. Les pertes de chaleur par conduction se produisent dans les ponts thermiques des sections isolées comme les éléments structuraux, l'ossature et les fixations qui pénètrent l'isolant et les pertes de chaleur « linéaires » se produisent aux jonctions des fenêtres, des planchers et du toit. Pour maximiser l'efficacité des murs, il a fallu opter pour un assemblage qui peut contenir une grande quantité d'isolant, qui minimalise les pertes linéaires et les ponts thermiques et qui est étanche à l'air. L'assemblage mural

[1] Bien que la Méthode de conformité par la performance énergétique (partie 8) du CNÉB 2011 soit le moyen le moins rigide d'atteindre la conformité, la méthode de solutions de remplacement pour l'enveloppe et la conformité prescriptive pour d'autres éléments ont été employées pour plus de simplicité.

éconergétique élaboré comprenait un isolant extérieur semi-rigide de 125 à 150 mm (5 à 6 pouces) fixé à l'aide d'agrafes non conductrices et une mousse isolante intérieure appliquée par projection. Le mur ne comportait pas de panneaux d'allège et réduisait de moitié la conductivité thermique causée par la jonction avec le balcon. Les cadres de fenêtre non conducteurs et les jonctions réduisaient davantage les pertes linéaires. Lorsque l'on tient entièrement compte des ponts thermiques et des pertes linéaires, la résistance thermique des murs se situait entre RSI 4,5 (R26) et RSI 5,4 (R31); la valeur RSI 5,4 s'appliquant aux murs des bâtiments situés dans les climats les plus froids. Il est à noter que ces murs, dont la résistance thermique globale est presque égale à la valeur nominale R de l'isolant, ont un rendement très élevé par rapport aux pratiques habituelles du marché.

L'inclusion d'une mousse isolante intérieure appliquée par projection a non seulement aidé à améliorer la résistance thermique des murs, mais a aussi permis de rajuster le modèle énergétique afin qu'il tienne compte de l'amélioration de l'étanchéité à l'air. Une meilleure étanchéité à l'air a permis de réduire les infiltrations d'air et d'améliorer la performance globale des dispositifs de récupération de la chaleur.

Toit. Le type de toit adopté pour toutes les régions consistait en une toiture-terrasse habituelle de béton ou de métal dotée d'un isolant rigide continu sans ponts thermiques importants. La résistance thermique du toit éconergétique était en général supérieure à celle des bâtiments de référence mais, dans les climats plus doux, il était inutile d'augmenter les valeurs RSI pour qu'elles dépassent les niveaux requis par le CNÉB. Cependant, dans les climats plus froids, la valeur RSI a été augmentée jusqu'à RSI 9,1 (R52). La résistance thermique la plus faible des toits a été maintenue à RSI 5,6 (R32). Comme c'était le cas pour la plupart des mesures, l'ajout d'isolant au toit ne s'est pas avéré économique si les bâtiments étaient chauffés au gaz naturel, mais il était rentable de le faire pour les bâtiments chauffés à l'électricité.

Planchers. Dans les bâtiments de référence, l'isolation des planchers situés au-dessus du parc de stationnement à étages consistait en une mousse appliquée par projection sous la dalle de béton et ne comportait pas de ponts thermiques importants. Il est à noter que le parc de stationnement a été conçu pour être chauffé juste au-dessus du point de congélation dans tous les cas, sauf pour les deux bâtiments de la Colombie-Britannique. L'isolation des planchers a été augmentée dans la plupart des cas – mais seulement légèrement, puisque l'ajout d'isolant n'a permis d'économiser que très peu d'énergie. De plus, les coûts supplémentaires en capital commençaient à augmenter rapidement avec l'épaississement de l'isolant étant donné que la hauteur du parc de stationnement souterrain devrait être augmentée, ce qui finirait par nécessiter éventuellement une nouvelle approche de construction (par exemple, un soffite plus profond pour abriter l'isolant plus épais).

Fenêtres. Les fenêtres laissent entrer les rayons bénéfiques du soleil qui chauffent les espaces, mais elles sont une importante source de pertes de chaleur. En fait, les pertes de chaleur causées par les fenêtres dépassaient les pertes de chaleur ***combinées*** du reste de l'enveloppe opaque, même si elles représentaient approximativement un quart de la surface d'exposition globale de l'enveloppe du bâtiment. C'est pourquoi la réduction de la surface occupée par les fenêtres pour réduire la charge de chauffage a été étudiée. Pour les bâtiments de référence, la réduction de la surface des fenêtres a fait une différence remarquable. Cependant, la différence s'est considérablement atténuée en utilisant des fenêtres à plus haut rendement (valeur U inférieure), en particulier si elles laissent toujours entrer des quantités relativement élevées d'énergie solaire bénéfique permettant de réduire la charge de chauffage des locaux. Ainsi, le rapport fenêtres-murs de 30 % à 35 % a été conservé pour le scénario à faible consommation d'énergie même si la réduction des surfaces vitrées est habituellement une stratégie efficace de conservation de l'énergie.

Étant donné que le pourcentage des surfaces vitrées a été gardé au niveau du bâtiment de référence pour les modèles à faible consommation d'énergie, il a fallu améliorer la performance des fenêtres en modifiant les types de cadre et de vitrage afin de réduire les pertes de chaleur. Les fenêtres modélisées pour les bâtiments à faible consommation d'énergie comprenaient des cadres en fibre de verre. Les cadres en fibre de verre, qui améliorent d'environ 30 % la valeur U de la fenêtre par rapport à l'aluminium, sont offerts par de nombreux fabricants et respectent les codes de prévention des incendies associés aux tours d'habitation.

L'analyse a également évalué le remplacement des fenêtres à double vitrage par des fenêtres à triple vitrage à rendement élevé dont le coefficient d'apport par rayonnement solaire est relativement élevé. Les effets produits par l'installation de fenêtres à quadruple vitrage dotées d'un cadre de fibre de verre ont aussi été examinés. Les fenêtres à quadruple vitrage sont beaucoup plus coûteuses, mais sont offertes par plusieurs fabricants en Amérique du Nord. Il est à noter que bien que les fenêtres à quadruple vitrage soient plus chères que les fenêtres à triple vitrage, elles ont réduit la charge de chauffage considérablement dans les régions les plus froides

C'est pourquoi les fenêtres à quadruple vitrage ont été comprises dans le modèle à faible consommation d'énergie final pour toutes les régions, à l'exception de Vancouver, où des fenêtres à triple vitrage étaient adéquates pour réduire les pertes de chaleur étant donné le climat plus doux.

Stratégies de ventilation

Le modèle de bâtiment de référence était assorti d'une ventilation par récupération de la chaleur assurée par des VRC installés dans les appartements. Bien que cette méthode de ventilation ne soit pas courante dans les immeubles collectifs, elle est nécessaire pour respecter les exigences du CNÉB à tout le moins dans les zones climatiques 7 et 8. Cette méthode a donc été retenue par suite de l'analyse dans toutes les autres régions pour des raisons d'uniformité, mais aussi parce que c'est une bonne pratique.

La récupération de la chaleur pour le dispositif de ventilation des corridors était le premier élément dont il fallait tenir compte pour économiser l'énergie associée au conditionnement de l'air extérieur. Cela nécessiterait l'installation d'un conduit de reprise ou d'évacuation de l'air afin que l'air soit redirigé dans le VRC du corridor.

Stratégies de chauffage des locaux

Le chauffage à l'électricité coûte beaucoup plus cher que le chauffage au gaz naturel – en particulier dans le cas d'Edmonton, où le prix équivalent de l'électricité était six fois plus élevé que celui du gaz naturel. Cependant, les coûts d'installation, d'entretien et de remplacement des appareils de chauffage à résistance électrique peuvent être beaucoup plus bas que ceux des appareils à combustion. L'approche de la maison passive est fondée sur la réduction des charges de chauffage des locaux afin que très peu d'énergie soit nécessaire à assurer le chauffage. Cela permet d'envisager l'usage de plinthes électriques pour le chauffage des locaux puisque les coûts d'installation et du cycle de vie sont beaucoup moins élevés que ceux des appareils à combustion. Les économies de capitaux réalisées peuvent ensuite servir à améliorer considérablement la performance de l'enveloppe du bâtiment et l'efficacité énergétique des installations mécaniques. Cela aide par ailleurs à réduire la pénalité économique du coût d'occupation associé aux tarifs d'électricité élevés dans la plupart des régions du Canada par rapport au gaz naturel. Bien que cette approche n'ait pas donné de bons résultats du point de vue économique pour le modèle à faible consommation d'énergie d'Edmonton, elle s'est avérée viable pour les régions nécessitant moins de chauffage et où le prix de l'électricité se rapprochait de celui du gaz naturel.

Le tableau 1 résume les caractéristiques des bâtiments nécessaires à l'atteinte des cibles de rendement éconergétique pour chaque région.

Tableau 1 Caractéristiques des immeubles collectifs à faible consommation d'énergie par région

Élément	Vancouver	Kelowna	Edmonton	Toronto	Montréal	Halifax
Résistance thermique des murs	RSI 4,5	RSI 4,6	RSI 5,4	RSI 5,4	RSI 5,4	RSI 5,4
Pertes de chaleur linéaires additionnelles des murs	17 %	15 %	14 %	14 %	14 %	14 %
Résistance thermique du toit	RSI 5,6	RSI 6,9	RSI 9,1	RSI 7,4	RSI 9,1	RSI 8,3
Résistance thermique des planchers	RSI 4,6	RSI 4,6	RSI 4,6	RSI 4,6	RSI 4,6	RSI 4,6
Pourcentage des fenêtres	35 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %
Conductivité des fenêtres	U-0,91	U-0,91	U-0,68	U-0,68	U-0,68	U-0,68
CARS des fenêtres	0,55	0,55	0,39	0,39	0,39	0,39
Infiltration naturelle (RA/h)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Efficacité de la récupération de la chaleur	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Source : EnerSys Analytics Inc.

RÉSULTATS

Comme on pouvait s'y attendre, les archétypes d'immeuble collectif situés dans les climats plus doux présentent des charges de chauffage des locaux plus faibles que ceux des climats froids, pour les bâtiments de référence du CNÉB 2011 comme pour les conceptions qui ont intégré des stratégies ciblant le rendement énergétique de la maison passive. La figure 1 présente la comparaison des charges de chauffage des locaux calculées pour les bâtiments de référence et les conceptions éconergétiques dans chaque région.

Toutes les conceptions éconergétiques ont permis d'économiser une quantité importante d'énergie servant au chauffage comparativement aux conceptions de référence du CNÉB 2011 – soit des économies de 76 % à 84 %. Cependant, seuls les bâtiments situés à Vancouver et à Kelowna ont pu atteindre le seuil ciblé de la maison passive de 15 kWh/m², comme l'indiquent la ligne verte sur la figure 1.

Le tableau 2 fournit plus de précisions sur les résultats illustrés à la figure 1 et fournit le total de kWh/m² mesuré pour les bâtiments de chaque région, de même que les économies associées aux conceptions éconergétiques par rapport à la période de récupération sur le cycle de vie et au taux de rentabilité interne. Bien que la modélisation ait indiqué que les conceptions éconergétiques avaient une longue période de récupération sur le cycle de vie à Edmonton et Toronto, les conceptions éconergétiques se sont avérées plus rentables pour les autres régions.

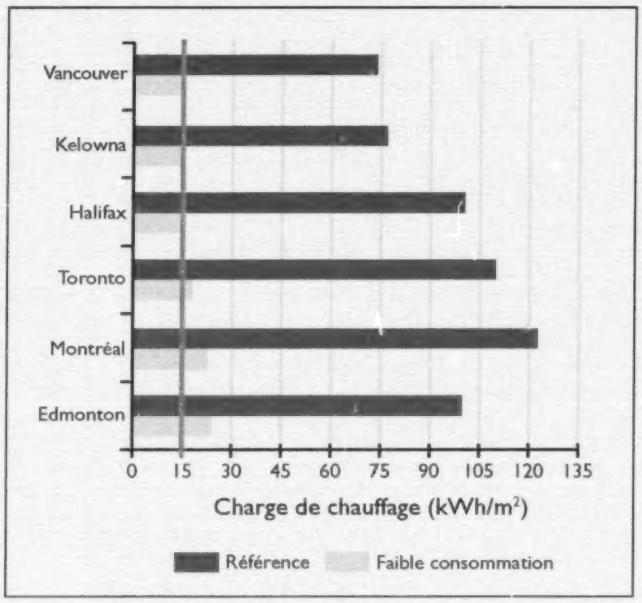

Figure 1 Charge de chauffage des locaux par région

La raison pour laquelle la conception éconergétique n'a pas été jugée aussi rentable à Edmonton et jugée peu profitable à Toronto s'explique principalement par leurs tarifs relatifs de gaz naturel et d'électricité. Les tarifs d'électricité utilisés dans l'évaluation pour Edmonton et Toronto étaient 6,4 et 4,4 fois plus élevés que les tarifs de gaz naturel équivalents; les bâtiments de la Colombie-Britannique arrivent au troisième rang à ce sujet avec un tarif 3,5 fois plus élevé.

Tableau 2 Indicateurs énergétiques et économiques des immeubles collectifs à faible consommation d'énergie par région

Région	Charge de chauffage (kWh/m²)		Énergie totale (kWh/m²)		Résultats économiques*	
	Référence	Faible consommation	Référence	Faible consommation	Période de récupération	Taux de rentabilité interne
Edmonton	99,8	23,8	234,9	141,1	>30 ans	s. o.
Montréal	122,7	22,5	263,4	140,2	6,7 ans	20,3 %
Toronto	109,9	17,9	239,1	127,0	>30 ans	5,5 %
Halifax	100,4	15,7	223,0	120,4	8,2 ans	17,1 %
Kelowna	76,9	14,4	185,3	110,8	10,4 ans	13,2 %
Vancouver	73,7	13,9	176,7	106,4	11,7 ans	8,1 %

*Analyse de 30 ans fondée sur un taux d'actualisation de 5 %, un taux d'inflation de 2 % et une augmentation des coûts de l'énergie de 3 %.
Source : EnerSys Analytics Inc

Ainsi, l'installation de dispositifs de chauffage à résistance électrique moins chers et la réduction des besoins de chauffage ont semblé très économiques selon les tarifs *relatifs* des services publics (pas seulement les tarifs absolus). Cette évaluation permet de déduire qu'en général les scénarios à faible consommation d'énergie sont devenus rentables lorsque les coûts marginaux d'électricité étaient environ quatre fois moins élevés que les coûts respectifs du gaz naturel (en unités de mesure comparables).

CONCLUSIONS

Au Canada, l'établissement de cibles de réduction de la charge de chauffage des locaux est un élément clé pour parvenir à obtenir des bâtiments à faible consommation d'énergie. Selon les résultats des simulations énergétiques des bâtiments et de l'analyse, il semble possible de réduire considérablement les besoins de chauffage des locaux des immeubles collectifs nouvellement construits en appliquant les technologies et pratiques de conception disponibles.

Les résultats semblent également indiquer qu'il est financièrement viable d'investir des sommes importantes dans des caractéristiques éconergétiques afin de réduire les coûts du cycle de vie à long terme.

CONSÉQUENCES POUR LE SECTEUR DE L'HABITATION

Le présent projet de recherche aide à établir les caractéristiques des collectifs d'habitation qui devraient être appliquées pour atteindre des niveaux de rendement énergétique élevés. Les niveaux d'isolation et d'étanchéité à l'air et l'efficacité des installations mécaniques sont techniquement possibles, mais représenteraient néanmoins des différences importantes par rapport aux pratiques de conception et de construction actuelle des immeubles collectifs.

Directeur de projet à la SCHL : Woytek Kujawski

Consultants pour le projet de recherche :
EnerSys Analytics Inc.

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la ***Loi nationale sur l'habitation,*** le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent Point en recherche fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets ***Le Point en recherche*** et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web au

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1-800-668-2642
Télécopieur : 1-800-245-9274

68293

©2015, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 10-04-15

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.